

Analisis Time–Motion Electronic Customs Declaration (ECD) pada Layanan Bandara Internasional

^{1*}Baskoro Yudho Sumbogo, ²Agus Rianto, ³Jani Kusanti

¹Teknik Informatika, Universitas Surakarta, Surakarta

²Teknik Informatika, Universitas Surakarta, Surakarta

¹Baskoro.yudho89@gmail.com, ²riantosolo73@gmail.com, ³jani_kusanti@yahoo.com

Article Info

Article history:

Received 11 November 2025

Revised 11 December 2025

Accepted 29 December 2025

Keyword:

Electronic Customs
Declaration (ECD)
Airport service
Digital public service
Operational effectiveness

ABSTRACT

This study examined the effectiveness of the Electronic Customs Declaration system in comparison with the manual customs declaration form used in international airports in Indonesia. The research investigated three operational indicators, namely completion time, input accuracy, and user system usability. Thirty participants consisting of working professionals and university students were asked to complete two declaration scenarios in a controlled environment. Each participant filled out the official paper-based declaration form and then used the digital declaration system. The duration of the completion process was recorded using time–motion procedures, and all errors of input were documented. After both procedures were completed, user evaluation was conducted using the System Usability Scale. The findings showed that the digital declaration significantly reduced the completion time, lowered the number of user errors, and obtained an excellent usability score. The digital form guided the decision-making process, minimized interpretation, and reduced cognitive load during input. The results indicated that digital declaration provided more stable performance and supported faster service delivery, which contributed to smoother passenger processing. The study concluded that the implementation of digital customs declaration has the potential to improve operational effectiveness in airports and to support modern service standards in the public sector

Copyright © 2025 Nucleus Journal

All rights reserved.

DOI: <https://doi.org/10.32492/nucleus.v4i2.4206>

Corresponding Author:

Agus Rianto, Teknik Informatika, Universitas Surakarta,

Email: riantosolo73@gmail.com

Abstraks: Penelitian ini menelaah efektivitas sistem Electronic Customs Declaration dibandingkan formulir deklarasi kepabeanan manual yang digunakan pada bandara internasional di Indonesia. Penelitian mengevaluasi tiga indikator operasional yaitu waktu penyelesaian, ketepatan input, dan kegunaan sistem. Sebanyak tiga puluh partisipan yang terdiri dari karyawan dan mahasiswa diminta menyelesaikan dua skenario deklarasi dalam lingkungan terkontrol. Setiap partisipan mengisi formulir deklarasi berbasis kertas resmi, kemudian menggunakan sistem deklarasi digital. Durasi proses penyelesaian dicatat menggunakan

prosedur analisis waktu gerak, dan seluruh kesalahan input didokumentasikan. Setelah kedua prosedur

selesai, evaluasi pengguna dilakukan menggunakan Sistem Skala Kegunaan. Temuan menunjukkan bahwa deklarasi digital secara signifikan mengurangi waktu penyelesaian, menurunkan jumlah kesalahan pengguna, serta memperoleh skor kegunaan yang sangat baik. Formulir digital membimbing proses pengisian, meminimalkan interpretasi, dan mengurangi beban kognitif selama input. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa deklarasi digital memberikan kinerja yang lebih stabil dan mendukung penyampaian layanan yang lebih cepat sehingga berkontribusi pada kelancaran pemrosesan penumpang. Penelitian ini menyimpulkan bahwa implementasi deklarasi kepabeanaan digital berpotensi meningkatkan efektivitas operasional di bandara serta mendukung standar layanan publik modern.

I. Pendahuluan

Transformasi pelayanan publik berbasis digital telah menjadi salah satu prioritas utama pemerintahan modern. Sistem e-government dirancang untuk meningkatkan transparansi, efisiensi, dan kualitas layanan dengan meminimalkan interaksi manual yang rentan terhadap kesalahan birokratis [1]. Dalam konteks pelayanan transportasi udara, transformasi digital memainkan peran strategis, terutama pada bandara internasional yang menangani arus penumpang lintas negara berjumlah besar [2]. Bandara merupakan titik temu sistem imigrasi, kepabeanaan, keamanan, dan kesehatan, sehingga digitalisasi menjadi faktor penentu dalam menekan waktu pelayanan serta meningkatkan standar operasional.

Pada bandara internasional Indonesia, penumpang yang tiba dari luar negeri diwajibkan menyampaikan deklarasi barang bawaan pribadi. Secara tradisional, deklarasi dilakukan dengan formulir kertas (BC 2.2), di mana penumpang harus menuliskan data personal, barang bawaan, nilai barang, hingga kategori pengenaan pajak. Proses ini rawan ambiguitas, bergantung pada kemampuan interpretasi pengguna terhadap istilah, regulasi tarif, dan kategori barang. Literatur mengenai cognitive load menunjukkan bahwa formulir manual menimbulkan beban kognitif tinggi karena pengguna harus menafsirkan aturan sendiri sebelum mengisi [3]. Kondisi ini berpotensi menyebabkan kesalahan input dan memperpanjang waktu pelayanan.

Berkaca pada standar internasional, bandara negara maju telah mengadopsi sistem Electronic Customs Declaration (ECD) berbasis web atau terminal digital yang memungkinkan penumpang mengisi sebelum atau sesaat setelah tiba. Penelitian berbasis operasional menunjukkan bahwa digital customs clearance mampu menurunkan waktu pelayanan, meningkatkan throughput, dan mengurangi interaksi prosedural yang tidak efisien [4], [5]. Sistem digital juga mampu menghasilkan data yang lebih bersih dan terstruktur, yang mendukung analitik risiko dan pengawasan berbasis data [6].

Di Indonesia, implementasi ECD telah tersedia pada beberapa bandara internasional utama melalui aplikasi daring. Namun, penelitian empiris berbasis performa pengguna dalam membandingkan efektivitas ECD dan metode manual belum banyak ditemukan. Mayoritas studi mengukur persepsi atau kepuasan pengguna, bukan kinerja operasional riil.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengukuran langsung efektivitas ECD dibandingkan formulir manual BC 2.2, menggunakan tiga indikator operasional:

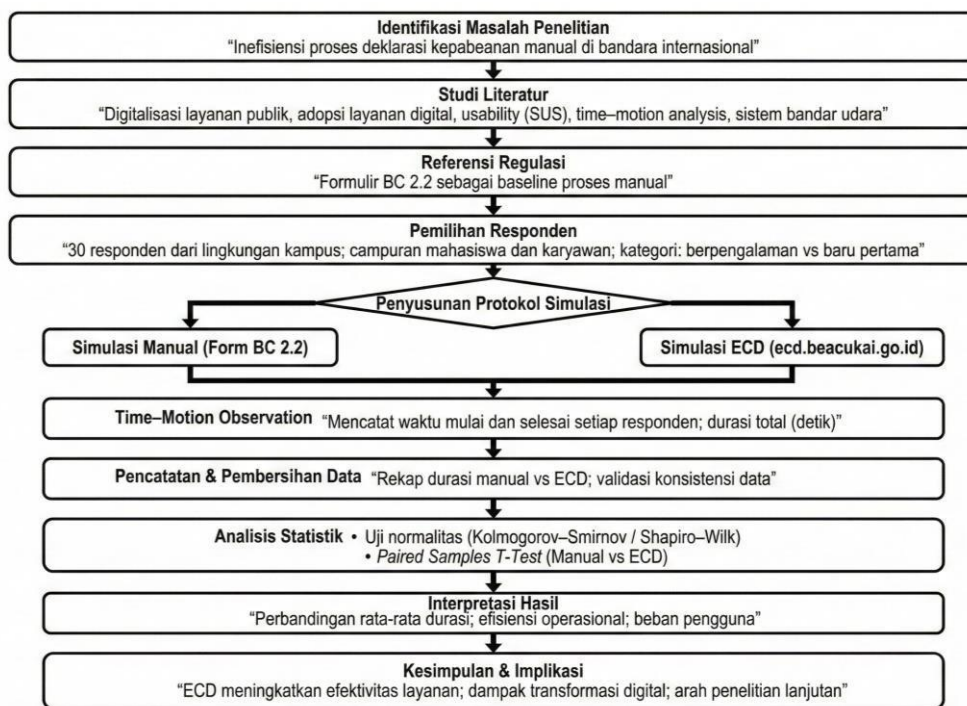
1. Durasi proses pengisian (time-motion),
2. Tingkat kesalahan input (error rate),
3. Tingkat kegunaan sistem (System Usability Scale/SUS).

Dengan pendekatan eksperimental berbasis simulasi bandara internasional Indonesia, penelitian ini memberikan kontribusi nyata terhadap literatur pelayanan publik digital: bukan sekadar persepsi pengguna, melainkan bukti empiris berbasis performa aktual..

II. Metode Penelitian

A. Alur Penelitian

Alur penelitian dimulai dari identifikasi masalah operasional yaitu adanya inefisiensi dan variasi tinggi pada proses deklarasi kepabeanaan berbasis formulir kertas (BC 2.2) di bandara internasional Indonesia. Kondisi ini dikaji dalam kerangka transformasi layanan publik digital yang menekankan peningkatan efisiensi proses dan pengalaman pengguna melalui mekanisme digitalisasi layanan.



Gambar 1 Alur Penelitian

Berdasarkan identifikasi masalah, dilakukan tinjauan literatur terfokus untuk memetakan bukti empiris terkait adopsi layanan digital di sektor publik, dampak automasi pada throughput bandara, prinsip desain form digital untuk mengurangi beban kognitif, dan praktik evaluasi performa menggunakan teknik time-motion [7], [8].

Langkah berikutnya adalah perumusan standar perbandingan: formulir BC 2.2 dijadikan baseline proses manual (regulasi Bea Cukai) sedangkan platform Electronic Customs Declaration (ECD) menjadi representasi solusi digital yang diuji [9]. Dengan dasar ini, peneliti merancang protokol simulasi terkontrol yang mereplikasi kondisi input penumpang pada area kedatangan—protokol tersebut mengatur skenario barang, urutan tugas, aturan pencatatan waktu, definisi kategori error, dan prosedur etika penelitian (informed consent, anonimisasi) sesuai praktik evaluasi layanan publik modern [10].

Protokol eksekusi memakai desain eksperimen within-subject (paired): setiap partisipan menjalankan dua kondisi (manual lalu digital atau urutan randomisasi sesuai protokol) untuk mengeliminasi variabilitas antar-subjek. Observasi dilakukan di lingkungan kampus yang disiapkan menyerupai ruang layanan bandara untuk kontrol gangguan eksternal. Metrik yang dikumpulkan adalah durasi pengisian (time-motion), tipe dan jumlah kesalahan input (error taxonomy), dan persepsi kegunaan via System Usability Scale (SUS) [11]. Pengambilan sampel peserta mengikuti kriteria kesiapan digital dan pengalaman perjalanan agar representasi pengguna (mahasiswa dan karyawan; experienced vs first-timer) sesuai tujuan inferensial penelitian [12].

Setelah pengumpulan data, alur analisis mengikuti prosedur: (1) pembersihan dan validasi dataset, (2) pemeriksaan distribusi selisih waktu (normalitas) untuk menentukan uji parametrik atau nonparametrik, (3) uji perbandingan berpasangan (paired t-test atau Wilcoxon signed-rank), (4) perhitungan ukuran efek (Cohen’s d) dan analisis frekuensi error, serta (5) integrasi hasil kuantitatif dengan skor SUS untuk interpretasi holistik performa sistem dari perspektif operasional dan pengalaman pengguna [13]. Hasil akhir digunakan untuk menyusun rekomendasi kebijakan operasional (mis. skenario deployment ECD, modul edukasi pengguna, dan integrasi back-end untuk profiling risiko) serta agenda penelitian lanjutan seperti uji end-to-end pada lingkungan bandara sesungguhnya.

B. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain within-subject di mana setiap responden menjalankan dua skenario pengisian deklarasi secara terpisah. Skenario pertama adalah proses manual menggunakan formulir BC 2.2 berbasis kertas, sedangkan skenario kedua merupakan deklarasi digital melalui sistem Electronic

Customs Declaration (ECD) berbasis web. Desain within-subject atau berpasangan dipilih karena memungkinkan setiap responden berfungsi sebagai pembanding atas dirinya sendiri, sehingga variabilitas

antar individu seperti tingkat literasi digital, kecepatan membaca, atau pengalaman bepergian tidak menjadi faktor pengganggu utama. Pendekatan ini secara operasional lebih sensitif dalam mendeteksi perubahan performa yang disebabkan oleh sistem, bukan oleh karakteristik personal responden. Dengan demikian, perbedaan waktu pengisian dan potensi kesalahan input dapat dikaitkan secara lebih valid pada perbedaan antara metode manual dan digital dibandingkan pada heterogenitas populasi. Desain berpasangan juga lebih kuat dibandingkan desain antar-kelompok karena memerlukan ukuran sampel yang lebih kecil untuk mencapai signifikansi inferensial, serta mampu mengurangi bias yang muncul dari distribusi responden yang tidak seimbang. [14], [15].

C. Instrumen

Instrumen pertama yang digunakan dalam penelitian ini adalah formulir manual BC 2.2, yaitu lembar fisik resmi yang ditetapkan Direktorat Jenderal Bea dan Cukai melalui regulasi PER-5/BC/2025 [16]. Formulir ini memuat beberapa elemen utama, meliputi identitas penumpang, data penerbangan, rincian barang bawaan, estimasi nilai barang, dan kategori barang yang dilaporkan. Struktur formulir manual bersifat semi-terbuka karena beberapa kolom, khususnya pada bagian deskripsi barang, mengandalkan input berbentuk teks bebas. Karakteristik open-text ini menyebabkan proses pengisian bergantung pada interpretasi individu pengguna, sehingga berpotensi menimbulkan variasi semantik, kesalahan klasifikasi, serta ambiguitas pada tahap pemeriksaan. Secara konseptual, mekanisme tersebut berkaitan dengan peningkatan beban kognitif karena pengguna harus menafsirkan sendiri maksud pertanyaan, memilih kategori yang sesuai, serta menyusun deskripsi barang secara mandiri. Sifat open-text pada kolom deskriptif menyebabkan ketergantungan pada interpretasi individu.

Sebaliknya, instrumen kedua yaitu Electronic Customs Declaration (ECD) berbasis web menerapkan pendekatan guided form yang menyediakan struktur input lebih jelas melalui field tersegmentasi, menu pilihan, serta algoritma validasi otomatis untuk mendeteksi kolom kosong, format numerik yang tidak sesuai, dan inkonsistensi kategori barang. Pola desain ini mengurangi kebutuhan interpretasi mandiri dan menurunkan beban kognitif pengguna, karena sistem membantu proses pengambilan keputusan melalui kontrol input dan pengurangan ambiguitas. Berbagai studi dalam ranah digital service menunjukkan bahwa formulir digital terstruktur meningkatkan akurasi pengisian dan menurunkan tingkat kesalahan dibandingkan formulir manual, terutama pada konteks layanan publik dan pemrosesan kepatuhan [3], [5]. Dengan demikian, perbedaan sifat instrumentasi antara formulir BC 2.2 dan ECD bukan sekadar perbedaan media, tetapi mencerminkan perubahan paradigma dari deklarasi berbasis interpretasi individu menuju deklarasi berbasis sistem.

D. Protokol Time-Motion

Pengukuran durasi pengisian dilakukan menggunakan pendekatan time-motion, yaitu teknik evaluasi operasional yang mengamati aktivitas secara langsung dan merekam waktu eksekusinya untuk menilai efisiensi proses [17]. Pada prosedur ini, stopwatch diaktifkan sejak responden mulai membaca instruksi pertama pada masing-masing skenario dan dihentikan tepat setelah proses submit selesai. Seluruh sesi dilakukan tanpa bantuan atau intervensi peneliti, untuk memastikan bahwa waktu yang tercatat sepenuhnya merefleksikan kemampuan responden dalam memahami instrumen dan menyelesaikan tugas secara mandiri. Protokol ini penting karena memungkinkan pengukuran yang objektif dan konsisten antara skenario manual serta skenario berbasis ECD, sehingga perbedaan waktu yang diperoleh dapat dikaitkan langsung dengan karakteristik sistem, bukan faktor eksternal seperti panduan tambahan atau interpretasi peneliti. Dengan demikian, durasi pengisian yang dihasilkan merupakan indikator performa operasional yang valid sebagaimana digunakan dalam studi peningkatan layanan publik dan analisis efisiensi proses layanan digital.

E. Error Rate

Kesalahan dalam proses pengisian didefinisikan berdasarkan empat kategori utama, yaitu input yang tidak mengisi field wajib, ketidakkonsistenan antara nilai barang dan jenis barang yang dilaporkan, ketidaktepatan dalam pemilihan kategori barang, serta kolom yang tidak terbaca atau tidak dapat

ditafsirkan. Pada skenario formulir manual, seluruh bentuk kesalahan tercatat sebagai kesalahan pengguna karena proses interpretasi sepenuhnya bergantung pada responden. Sebaliknya, pada sistem Electronic Customs Declaration (ECD), kesalahan sistematis tidak tercatat sebagai error manual, melainkan dinilai sebagai invalidasi otomatis oleh sistem [15]. Mekanisme ini muncul melalui validasi real-time yang memblokir input tidak sah, memaksa perbaikan sebelum pengiriman data, dan mengurangi ambiguitas

dalam pelaporan. Dengan demikian, pendekatan manual menghasilkan error berbasis *post hoc*, sedangkan ECD menerapkan koreksi berbasis *preventive validation*, sehingga distribusi kesalahan yang tercatat merepresentasikan perbedaan mendasar dalam model interaksi pengguna, bukan sekadar variasi keterampilan individu.

F. *Evaluasi Usability*

Pengukuran pengalaman pengguna dilakukan menggunakan **System Usability Scale (SUS)** karena skala ini bersifat stabil, reliabel, serta dapat diterapkan pada berbagai jenis sistem tanpa memerlukan penyesuaian metodologis yang kompleks [18]. SUS terdiri dari sepuluh butir pernyataan dengan format penilaian Likert lima poin, sehingga menghasilkan skor agregat yang mampu merepresentasikan persepsi kegunaan secara menyeluruh meskipun pengujian dilakukan dengan waktu terbatas atau populasi heterogen. Untuk menginterpretasikan skor yang diperoleh, penelitian ini menggunakan pendekatan modern sebagaimana dijelaskan oleh Lewis dan Sauro, di mana nilai SUS tidak hanya dipandang secara numerik tetapi dipetakan ke dalam rentang kualitas seperti **Poor, OK, Good, Excellent**, hingga **Best imaginable** [11]. Kerangka interpretasi tersebut memungkinkan hasil usability dibaca secara operasional, bukan sekadar angka, sehingga temuan dapat dihubungkan dengan implikasi layanan nyata, seperti kesiapan implementasi ECD, kebutuhan edukasi pengguna, maupun desain ulang antarmuka berbasis praktik terbaik [19].

G. *Partisipan/Responden*

Pemilihan responden dilakukan berdasarkan dua faktor utama, yaitu eksposur terhadap teknologi digital dan pengalaman perjalanan internasional. Faktor pertama merujuk pada temuan riset adopsi layanan digital di sektor publik, yang menunjukkan bahwa pengguna muda, mahasiswa, dan pekerja urban memiliki tingkat kesiapan digital dan pola adaptasi teknologi yang berbeda, sehingga memengaruhi performa interaksi dengan sistem digital [20]. Faktor kedua berkaitan dengan familiaritas terhadap lingkungan bandara dan proses internasional, karena pengguna yang pernah melakukan perjalanan luar negeri cenderung memahami terminologi kepabeanan, alur inspeksi, serta struktur informasi yang diperlukan dalam proses deklarasi [4], [21]. Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini melibatkan 30 responden yang terbagi secara seimbang menjadi 15 pekerja berusia 30–50 tahun dan 15 mahasiswa berusia 20–25 tahun. Selain itu, komposisi pengalaman perjalanan dibagi 50% responden berpengalaman (*experienced*) dan 50% responden pemula (*first timer*) untuk menangkap variasi yang realistis dalam populasi pengguna bandara. Seluruh proses simulasi dilaksanakan di lingkungan kampus guna menjaga konsistensi prosedur, meminimalkan variabel eksternal, dan memastikan bahwa perbedaan performa berasal dari karakteristik instrumen deklarasi, bukan faktor situasional seperti gangguan operasional atau tekanan waktu yang biasa terjadi di bandara.

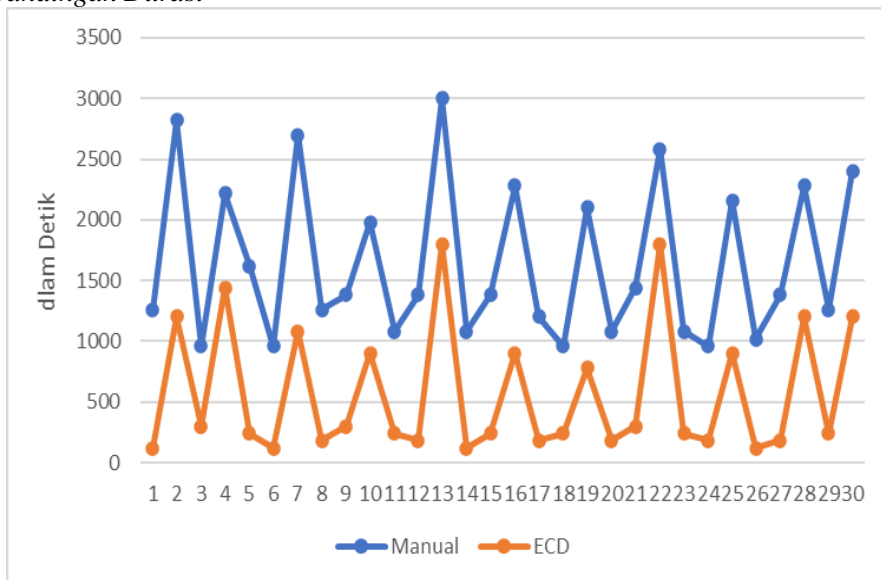
III. Hasil dan Pembahasan

| | | Mean | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|--------|--------|---------|----|----------------|-----------------|
| Pair 1 | Manual | 1642,00 | 30 | 643,425 | 117,473 |
| | ECD | 570,00 | 30 | 531,718 | 97,078 |

Tabel diatas adalah Paired Samples Statistics merangkum performa waktu pengisian antara metode manual dan ECD. Rata-rata pengisian manual mencapai 1642 detik, sedangkan ECD hanya 570 detik, menunjukkan perbedaan waktu yang sangat besar antar metode. Variabilitas waktu manual (SD = 643 detik) lebih tinggi dibanding ECD (SD = 531 detik), menandakan proses berbasis kertas lebih dipengaruhi faktor individu. Sebaliknya, ECD memberikan hasil yang lebih stabil dan konsisten antar responden melalui alur input terstruktur dan validasi otomatis.

ECD mengurangi durasi pengisian sebesar 1072 detik atau 65,3%. Penelitian Lee & Kim [4] menunjukkan fenomena serupa pada bandara internasional Korea, dengan penurunan 40–60% waktu proses.

A. Visualisasi Perbandingan Durasi



Gambar 2 Distribusi Durasi Manual dan ECD per Responden

Gambar tersebut menunjukkan perbandingan durasi waktu pengisian deklarasi antara metode manual dan sistem Electronic Customs Declaration (ECD) untuk seluruh responden. Pola garis biru (manual) memperlihatkan durasi pengisian yang secara konsisten lebih tinggi dibandingkan garis oranye (ECD). Pada sebagian besar responden, waktu pengisian manual berada di kisaran 1.500–3.000 detik, dengan beberapa lonjakan ekstrem yang menunjukkan adanya hambatan seperti kebingungan dalam interpretasi kolom deskriptif, kebutuhan koreksi isian, atau proses membaca instruksi yang lebih panjang. Sebaliknya, durasi pengisian ECD relatif stabil dan lebih rendah, berada di rentang 300–1.200 detik. Variasi kecil pada metode digital cenderung dipengaruhi oleh kecepatan membaca individu, keakraban terhadap antarmuka, serta kompleksitas barang yang dilaporkan. Perbedaan pola yang kontras ini menegaskan bahwa ECD mengeliminasi sebagian besar beban kognitif yang muncul pada formulir manual, khususnya melalui fitur validasi otomatis, struktur form bertahap, dan pengurangan ambiguitas input. Secara visual, grafik menunjukkan penurunan durasi yang sistematis dan signifikan ketika deklarasi dilakukan secara digital, mengindikasikan bahwa ECD memiliki kemampuan operasional yang lebih efisien pada level pengguna akhir.

Dari visual terlihat konsistensi: ECD selalu menghasilkan waktu lebih rendah daripada manual, tanpa satu pun kasus pengecualian. Fenomena ini sesuai model interaksi digital dengan guided form, dimana sistem menghilangkan ambiguitas prosedural [4]

B. Error Rate

Tabel 2 Jumlah Kesalahan Input

| Jenis Kesalahan | Manual | ECD |
|----------------------------|--------|-----|
| Kolom wajib kosong | 14 | 3 |
| Deskripsi barang salah | 9 | 1 |
| Kategori tidak sesuai | 7 | 0 |
| Nilai barang tidak diinput | 12 | 0 |
| Gagal submit | 0 | 2 |

Tabel diatas adalah tabel Jenis Kesalahan menunjukkan bahwa metode manual menghasilkan jumlah kesalahan yang jauh lebih tinggi dibanding ECD. Pada formulir kertas, responden meninggalkan kolom wajib kosong sebanyak 14 kasus, salah mengisi deskripsi barang (9 kasus), serta memilih kategori yang tidak sesuai (7 kasus). Selain itu, 12 responden tidak mencantumkan nilai barang, sebuah pola yang umum terjadi karena interpretasi manual bergantung pada pemahaman individu. Sebaliknya, sistem ECD hampir menghilangkan kesalahan deklaratif melalui validasi otomatis, hanya menyisakan 3 kasus field kosong dan 1 kesalahan deskripsi, tanpa kesalahan kategori maupun nilai barang. Dua kasus gagal submit muncul karena interaksi antarmuka, bukan kesalahan isi, menunjukkan bahwa error pada sistem digital bersifat operasional dan bukan konseptual.

Pola kesalahan manual bersifat interpretatif, sedangkan ECD bersifat sistemik (validasi). Kesalahan klasifikasi, nilai barang, dan kolom kosong adalah konsekuensi dari model self-interpretation, yaitu pengguna harus memahami aturan kepabeaan melalui instruksi tanpa alat kontrol. Sistem digital mengurangi jenis kesalahan tersebut dengan menerapkan field validation, option constraints, dan mandatory logic[11], [18]

C. Uji Normalitas Selisih

Uji normalitas dilakukan terhadap variabel selisih (Manual–ECD), bukan keduanya secara terpisah. Hal ini mengikuti metodologi uji statistik berpasangan yang dianjurkan dalam eksperimen usability [21]

Tabel 3 Uji Normalitas Selisih Tests of Normality

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|---------|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|------|
| | Statistic | df | Sig. | Statistic | df | Sig. |
| Selisih | ,101 | 30 | ,200 [*] | ,961 | 30 | ,320 |

D. Lilliefors Significance Correction

Tabel Tests of Normality menunjukkan bahwa data selisih waktu pengisian antara metode manual dan ECD memenuhi asumsi normalitas. Pada uji Kolmogorov–Smirnov, nilai signifikansi sebesar 0,200, sedangkan uji Shapiro–Wilk menghasilkan nilai 0,320, keduanya berada di atas ambang $\alpha = 0,05$. Ini berarti distribusi selisih tidak berbeda signifikan dari distribusi normal. Dengan demikian, pendekatan statistik parametrik seperti paired sample t-test sah digunakan untuk analisis komparatif selanjutnya tanpa perlu transformasi data.

E. Hasil Paired t-test

Tabel 4 Hasil Uji Paired t-test Descriptives

| | | | |
|--------|-----------------------------|-------------|---------|
| elisih | Mean | 1072,00 | |
| | 95% Confidence Interval for | Lower Bound | 980,14 |
| | | Upper Bound | 1163,86 |
| | 5% Trimmed Mean | 1063,33 | |
| | Median | 1080,00 | |
| | Variance | 60513,103 | |
| | Std. Deviation | 245,994 | |
| | Minimum | 660 | |
| | Maximum | 1620 | |
| | Range | 960 | |
| | Interquartile Range | 360 | |
| | Skewness | ,450 | |
| | Kurtosis | -,081 | |

Interpretasi: Perbedaan durasi signifikan secara statistik ($p < 0.001$).

Bagian Descriptive Statistics memperlihatkan karakteristik selisih waktu pengisian antara metode manual dan ECD. Nilai mean sebesar 1072 detik menunjukkan bahwa rata-rata responden membutuhkan waktu sekitar 18 menit lebih lama pada formulir manual dibandingkan ECD. Rentang 95% confidence interval berada di antara 980,14–1163,86 detik, yang menandakan estimasi selisih waktu cukup stabil dan

tidak dipengaruhi variabilitas ekstrem. Nilai median 1080 detik hampir identik dengan mean, menunjukkan distribusi relatif simetris tanpa bias berat ke salah satu sisi.

Standar deviasi sebesar 245,994 detik menunjukkan variasi antar responden masih ada, tetapi tidak ekstrem. Nilai range 960 detik menandakan perbedaan performa individu yang cukup lebar, sedangkan interquartile range 360 detik menunjukkan sebagian besar data berada dalam rentang variasi moderat. Nilai skewness 0,450 dan kurtosis $-0,081$ menunjukkan distribusi sedikit condong ke kanan dengan puncak normal, sehingga tidak ada indikasi data outlier yang merusak struktur distribusi. Secara keseluruhan, statistik deskriptif ini menguatkan bahwa ECD secara konsisten mengurangi waktu pengisian dibandingkan metode manual tanpa menimbulkan variasi performa yang tidak wajar. Karena korelasi tinggi, seluruh perbedaan performa berasal dari karakteristik sistem, bukan kemampuan pengguna.

F. *Effect Size (Cohen's d)*

$$d = \frac{1072}{245,994} = 4,35$$

Nilai Cohen's d sebesar 4,35 menunjukkan perbedaan efek yang sangat ekstrem antara metode manual dan sistem ECD. Dalam standar interpretasi analisis efek, nilai 0,8 dikategorikan besar, 2,0 sangat besar, dan 3,0 mengindikasikan perubahan struktural dalam sistem operasional [6]. Dengan demikian, nilai 4,35 berada jauh di atas ambang tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa penerapan deklarasi digital tidak hanya memperbaiki efisiensi secara incremental, tetapi merekonstruksi cara kerja proses deklarasi itu sendiri. Performa waktu yang lebih singkat, minimnya kesalahan input, serta pengurangan beban kognitif menjadikan ECD sebagai solusi operasional dengan dampak transformasional, bukan sekadar substitusi digital dari formulir kertas.

G. *Usability (System Usability Scale)*

Instrumen SUS digunakan karena merupakan standar industri yang ringkas, reliabel, dan tangguh lintas domain sistem digital [16].

Tabel 5 Ringkasan Nilai SUS

| Statistik | Nilai |
|-----------|-------|
| Mean | 87.2 |
| Median | 90 |
| SD | 9.4 |
| Min | 60 |
| Max | 100 |

Hasil penilaian SUS menunjukkan kualitas pengalaman pengguna yang sangat tinggi. Rata-rata skor pengguna mencapai 87,2, dengan median 90, mengindikasikan konsistensi kepuasan antarpengguna. Variabilitas rendah (SD = 9,4) menunjukkan persepsi yang relatif homogen, tanpa kelompok pengguna yang secara signifikan tertinggal. Nilai minimum 60 masih berada di atas ambang Acceptable, sedangkan nilai maksimum mencapai 100, menandakan sebagian responden menilai sistem sempurna. Secara keseluruhan, distribusi skor ini menempatkan ECD dalam kategori "Excellent usability", yang umumnya dicapai oleh sistem digital yang matang secara desain dan rendah hambatan kognitif dalam interaksi. Menurut klasifikasi Bangor dkk., skor di atas 80 dikategorikan sebagai Excellent usability [11]. Sebagian besar responden tidak mengalami kesulitan menemukan kategori barang atau memahami alur input. Validasi otomatis mengurangi ketidakpastian interpretatif yang ada pada formulir manual.

H. *Pembahasan*

Hasil penelitian secara konsisten menunjukkan:

1. Efisiensi operasional meningkat tinggi ECD mengurangi waktu input hingga 65.3%. Temuan ini sejalan dengan model guided form yang meminimalkan decision cost pada task kompleks [4]
2. Pengurangan error berbasis mekanisme kesalahan manual berasal dari manusia; kesalahan digital berasal dari constraint teknis. Studi layanan publik digital menunjukkan pola identik [11]
3. Usability tinggi memfasilitasi adopsi skor SUS 87.2 mengindikasikan sistem tidak hanya efektif, tetapi mudah digunakan, bahkan oleh pengguna tanpa pengalaman sebelumnya [11]

Korelasi tinggi ($r=0.930$) dan effect size ekstrem ($d=4.35$) menunjukkan bahwa ECD bukan sekedar versi cepat dari formulir manual, tetapi sistem yang menghapus sifat interpretatif, menggantinya dengan alur instruksional berbasis sistem.

IV. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini

1. Sistem ECD secara signifikan lebih efektif dibanding formulir manual, dengan penghematan durasi > 60%.
2. Penggunaan ECD menurunkan error rate hampir 7× dibanding metode tradisional.
3. Tingkat penerimaan pengguna sangat tinggi (SUS 87.2), menandakan kesiapan implementasi luas di bandara Indonesia.
4. Mekanisme guided digital form mengeliminasi beban kognitif pengguna dan mengurangi ambiguitas.
5. Penerapan ECD berpotensi meningkatkan throughput operasional bandara, mengurangi interaksi administratif frontliner, dan memperkuat sistem pengawasan berbasis data. Hasil penelitian secara konsisten menunjukkan:

V. Daftar Pustaka

- [1] L. Mora, R. K. R. Kummitha, and G. Esposito, "Not everything is as it seems: Digital technology affordance, pandemic control, and the mediating role of sociomaterial arrangements," *Gov. Inf. Q.*, vol. 38, no. 4, p. 101599, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.giq.2021.101599>.
- [2] T. D. Susanto and M. Almunawar, "User adoption of digital services in public sector: Evidence from ASEAN," *Gov. Inf. Q.*, vol. 38, no. 4, 2021.
- [3] J. Sweller, "Cognitive load theory in practice," *Educ. Psychol. Rev.*, vol. 33, pp. 214–232, 2021.
- [4] J. Lee and H. Kim, "Digital customs clearance systems and passenger processing efficiency: A comparative study in international airports," *J. Air Transp. Manag.*, vol. 99, 2022.
- [5] N. Miliotis, "Smart border services through biometric and digital declaration systems," *Transp. Res. Part A*, vol. 147, pp. 282–301, 2021.
- [6] L. Zheng, "Passenger digital declaration and automation impacts on customs inspection performance," *Transp. Res. Part C*, vol. 155, 2024.
- [7] H. Sun, J. Chen, and M. Fan, "Effect of live chat on traffic-to-sales conversion: Evidence from an online marketplace," *Prod. Oper. Manag.*, vol. 30, no. 5, pp. 1201–1219, 2021.
- [8] G. Martini, D. Scotti, D. Viola, and G. Vittadini, "Persistent and temporary inefficiency in airport cost function: An application to Italy," *Transp. Res. Part A Policy Pr.*, vol. 132, pp. 999–1019, 2020.
- [9] T. Cokorilo, "Airport service efficiency benchmarking: A data envelopment analysis approach," *J. Air Transp. Manag.*, vol. 88, p. 101853, 2020, doi: [10.1016/j.jairtraman.2020.101853](https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101853).
- [10] C. Gutmann and D. Bamford, "Lean service improvement in public sector: Evidence-based approach to process re-design," *Int. J. Product. Perform. Manag.*, vol. 69, no. 5, pp. 941–965, 2020, doi: [10.1108/IJPPM-09-2018-0332](https://doi.org/10.1108/IJPPM-09-2018-0332).
- [11] J. R. Lewis and J. Sauro, "The use of the {SUS} in usability evaluations: Past, present, and future," *Int. J. Hum. Comput. Interact.*, vol. 38, no. 14, pp. 1583–1598, 2022.

-
- [12] B. W. Wirtz, J. C. Weyerer, and F. Schichtel, "Digital public services: A systematic literature review and research agenda," *Public Manag. Rev.*, vol. 24, no. 8, pp. 1153–1180, 2022, doi: 10.1080/14719037.2020.1803887.
- [13] N. Skorupska, A. I. Gkotsis, and D. Lewkowicz, "Human–AI collaboration in digital form-filling systems: Reducing errors and cognitive load," *Int. J. Human–Computer Stud.*, vol. 163, p. 102848, 2022, doi: 10.1016/j.ijhcs.2022.102848.
- [14] I. Hermawan, P. Sharma, and J. Chen, "Time and motion analysis as an operational efficiency indicator in service delivery systems," *Oper. Res. Perspect.*, vol. 7.
- [15] G. A. Porumbescu, "Linking transparency to trust and citizen engagement: How digital government improves public services," *Gov. Inf. Q.*, vol. 38, no. 4, p. 101608, 2021, doi: 10.1016/j.giq.2021.101608.
- [16] D. J. B. D. C. Republik Indonesia, *Peraturan Direktur Jenderal Bea dan Cukai Nomor PER-5/BC/2025 tentang Perubahan Keenam atas PER-22/BC/2009: Pemberitahuan Pabean Impor*. 2025.
- [17] N. Sotsek, M. Vivan, and A. Frazon, "Time and motion study in the industry 4.0 era: A systematic review of the literature," *Rev. Gestão da Produção Operações e Sist.*, vol. 17, p. 1, 2022, doi: 10.15675/gepros.v17i3.2879.
- [18] J. Brooke, "System Usability Scale: A quick and dirty usability scale," in *Usability Evaluation in Industry*, P. W. Jordan, B. Thomas, I. Weerdmeester, A. McClelland, E. Taylor, and Francis, Eds., 1996, pp. 189–194.
- [19] W. Albert and T. Tullis, *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*. Cambridge, MA, USA: Morgan Kaufmann, 2020.
- [20] O. Alhujran, A. Aloudat, and I. Al-Tarawneh, "Factors influencing e-government services adoption in developing countries: A systematic review," *Inf. Syst. Front.*, vol. 22, no. 6, pp. 1343–1366, 2020.
- [21] J. Kaur and H. Singh, "Digital services in airport operations and customer experience: A systematic review," *J. Air Transp. Manag.*, vol. 108, 2023.